RENDIMIENTO DEL *Solanum quitoense* Lam, EN MONOCULTIVO Y CULTIVOS MIXTOS EN UNA REGIÓN DEL URABÁ, COLOMBIA

Henry De Jesús Borja[1], Saúl Elid Patiño Areiza[1]; Carlos Esteban Ortíz[1], Juan Fernando Ramírez Quirama[2]

[1]Profesional agroforestal, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD - Colombia
[2] Magister en bosques y Conservación ambiental, UNAD; Grupo de Investigación y desarrollo Agroambiental, GIDEA, línea Ecología y medio ambiente. Contacto: juan.ramirez.quirama@gmail.com; dirección Carrera 45 No 55 – 19, Medellín Colombia. Correspondiente autor.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la zona del Urabá, donde se evaluó el rendimiento en producción de frutos de *Solanum quitoense* en monocultivo y en sistemas mixtos. Se probaron dos hipótesis, la primera: "El cultivo de *S. quitoense*, en asociación tiene una mayor competencia que cuando se presenta a plena exposición solar" y la segunda: "Existe una mayor producción de frutos de *S. quitoense* cuando hay una menor competencia interespecífica". Para evaluar estas dos hipótesis, se estableció y midió en el año 2007, cuatro parcelas experimentales (PE) de la siguiente manera: TTO1: monocultivo de *S. quitoense*, TTO2: *S. quitoense*, *M. cavendishii* y *T. cacao*; TTO3: *S. quitoense*, *M. Cavendishii*, *T. cacao* y *B. patinoi* y TTO4: *S. quitoense*, *M. cavendishii* y *B. patinoi*. En las PE se midieron en cada planta de *S. quitoense* la altura (h-cm) y se contó el número de hojas, flores y frutos. Dentro de los resultados se encontró diferentes niveles de competencia, con mayor nivelen TT3, seguido por TT2 y TT4; TT1 fue el que tuvo menornivel de competencia. En cuanto a la producción de frutos no se encontró diferencias estadísticas significativas en TT1, TT2 y TT4;TT3 presentó diferencia con una menor producción de frutos.

Palabras claves: *Solanum quitoense*, coeficiente de Gini, competencia, cultivos mixtos, sistemas agroforestales.

Recibido: 27 de febrero de 2011. Aceptado: 21 de febrero de 2012
Received: February 27th, 2011. Accepted: February21th, 2012

YIELD OF THE *Solanum quitoense*, IN MONOCULTIVO AND MIXED CULTIVATIONS IN A REGION OF THE URABA, COLOMBIA

ABSTRACT

The following study was performed at Uraba Antioqueño, where the agricultural evaluation of the *Solanum quitoense* crop in monoculture and mix systems was performed. For this, two research hypotheses were tested: the first one "it is expected that the *S. quitoense* crop in association has a better intra specific competence than when it is presented in monoculture" and the second one, "There is a higher production of *S. quitoense* fruit when there is less interspecific competence". To evaluate these two hypotheses in 2007 four experimental plots (EP) were established and measured as follow: TTO1: monoculture of *S. quitoense* TTO2: *S. quitoense*, plantain, and *T. cacao*; TTO3 *S. quitoense*, plantain *T. cacao* and *B. patinoi* and the TTO4: *S. quitoense*, plantain and *B. patinoi*. In these EP the height (h-cm) of each *S. quitoense* plant was measured and the number of leaves, flowers and fruits were counted. In the results there are different competition levels with a higher competition in TT3, followed by TT2 and TT4. The EP with the less competence was TT1. Regarding to the production of fruits of *S. quitoense*, it was found a statistically equal production in TT1, TT2 and TT4. The TT3 presented a difference with a lower production of fruits.

Keywords: *Solanum quitoense*, Gini coefficient, competence, mixed crops, agroforestry systems.

1. INTRODUCCIÓN

Los arreglos agroforestales, entre ellos los cultivos mixtos, constituyen sistemas productivos donde se pueden combinar plantas y animales al tiempo o de manera secuencial. Se utilizan para aumentar la productividad por medio de la optimización de recursos limitantes, tales como: radiación solar, superficie de terreno, suelos y nutrientes entre otros [1]. Se constituyen en una alternativa económica para los pequeños agricultores al diversificar los cultivos, disminuir la probabilidad de ataque de plagas y enfermedades, presentar mayor rendimiento agronómico y reciclaje de nutrientes [2]. Ecológicamente la productividad de estos sistemas se modifica debido la competencia por recursos limitantes tanto a nivel inter como intraespecíficos [3]. La competencia está directamente relacionada con la densidad de plantas debido a la estructura y composición del sistema, donde la radiación fotosintéticamente activa (RAF) se convierte en un recurso limitante, por la disminución desde el dosel hasta el piso del cultivo [4, 5]. Sin embargo las respuestas a estas condiciones son complejas en el crecimiento y desarrollo de las plantas [6, 7].

Solanun quitoense Lam, es una especie utilizada en los sistemas agroforestales multipropósito, por tener un hábito de crecimiento tolerante a la sombra y por su adaptabilidad potencial a diferentes condiciones micro-ambientales [8, 9]; se encuentra en forma silvestre en el sotobosque, cerca a corrientes de agua, su desarrollo óptimo está entre 16-24ºC [10]. Presenta ruta metabólica C_3, es decir, requiere menos energía para fotosintetizar [11]. En sistemas mixtos con *S. quitoense*, se han encontrado beneficios en el suelo, no sólo por el aporte de nitrógeno, sino por la gran cantidad de hojarasca que estimula el reciclaje de nutrientes [12]. Por los requerimientos de *S. quitoense,* históricamente los pequeños productores han establecido el cultivo bajo el dosel del bosque [13, 14], lo que ha generado problemas de fragmentación y cambios en la estructura de estos ecosistemas. A nivel comercial se ha intentado establecer a libre exposición con bajos resultados por problemas fitosanitarios y de la productividad de frutos [15].

El presente estudio se realizó en la zona del Urabá antioqueño, municipio de Mutatá, donde se evaluó el rendimiento en producción de frutos del cultivo de *S. quitoense*, en monocultivo y en sistemas mixtos. Para esto se estableció cuatro parcelas experimentales, en combinación de *Solanum quitoense* con: Borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrec), Plátano (*Musa cavendishii* Colla) y Cacao (*Theobroma Cacao* L.) y el *S. quitoense* en monocultivo. Lo anterior para dar respuesta a: *i)* ¿Cómo se modifica la competencia del cultivo de *S. quitoense* cuando es combinado con *B. patinoi*, *M. cavendishii* y *T. cacao? y ii) ¿Cómo se altera la producción de frutos de S. quitoense, con relación a variables biométricas?* Las hipótesis planteadas son: *i)* se espera que el cultivo de *S. quitoense*, en asociación tenga una mayor competencia que cuando se presenta a plena exposición solar *ii)* que exista una mayor producción de frutos de *S. quitoense,* cuando hay una menor competencia interespecífica.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio.

El presente trabajo se realizó en el Municipio de Mutatá (Antioquia), 76º28''42'W y 7º20''39'N, 75 msnm (Fig.1). Presenta temperatura promedio multianual de 25-30°C, pluviosidad promedio multianual de 3500 mm, con picos lluviosos entre mayo y agosto, humedad relativa promedio multianual de 85%. Lo anterior según Holdridge [16], configura al área de estudio como una zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh–T).Las parcelas experimentales (PE) están rodeadas de cultivos de *Musa paradisiaca*, *Solanum quitoense*, *Borojoa patinoi*, *Ananas comusus*, *Theobroma Cacao* y pastos.

2.2. *Trabajo de campo*

Diseño experimental. Se establecieron en el año 2007, cuatro parcelas cuadradas de 64 m^2, con diferentes tratamientos: un monocultivo de *S. quitoense* y tres cultivos mixtos, donde varió la densidad y la composición. En cada parcela, se realizaron cada mes trabajos culturales para la eliminación de competencia y fertilizó con 10 g L^{-1} de (NPK) 10–30–10 en corona a 30 cm por planta; durante los 8 meses que duro el experimento.

Cada parcela fue definida de acuerdo con la combinación de las especies (Tabla 1).En las PE, se midieron con una cinta métrica la altura de planta de *S. quitoense* (*h*-cm) cada mes durante 8 meses, entre octubre 2007 y mayo 2008, además se realizó conteo de las hojas, número de flores y frutos.

2.3. Análisis de datos.
Con el fin de disminuir el efecto de la *pseudo*-replica y aumentar los grados de libertad se definieron como unidad de análisis los individuos (cada PE, n:30), es decir, cada planta constituye una unidad muestral. Con este historial de datos se realizaron cálculos por cada individuo, periodo de medición y tratamiento para cada una de las variables. Antes de procesar los datos se aplicaron correctivos a aquellos casos que pudieran estar asociados con errores de medición y/o digitación así: *i)* cambios en altura de un periodo a otro de manera negativa, fueron igualados a cero y *ii)* Cambios en altura de más de 40 cm mes^{-1}, fueron igualados a cuarenta centímetros.

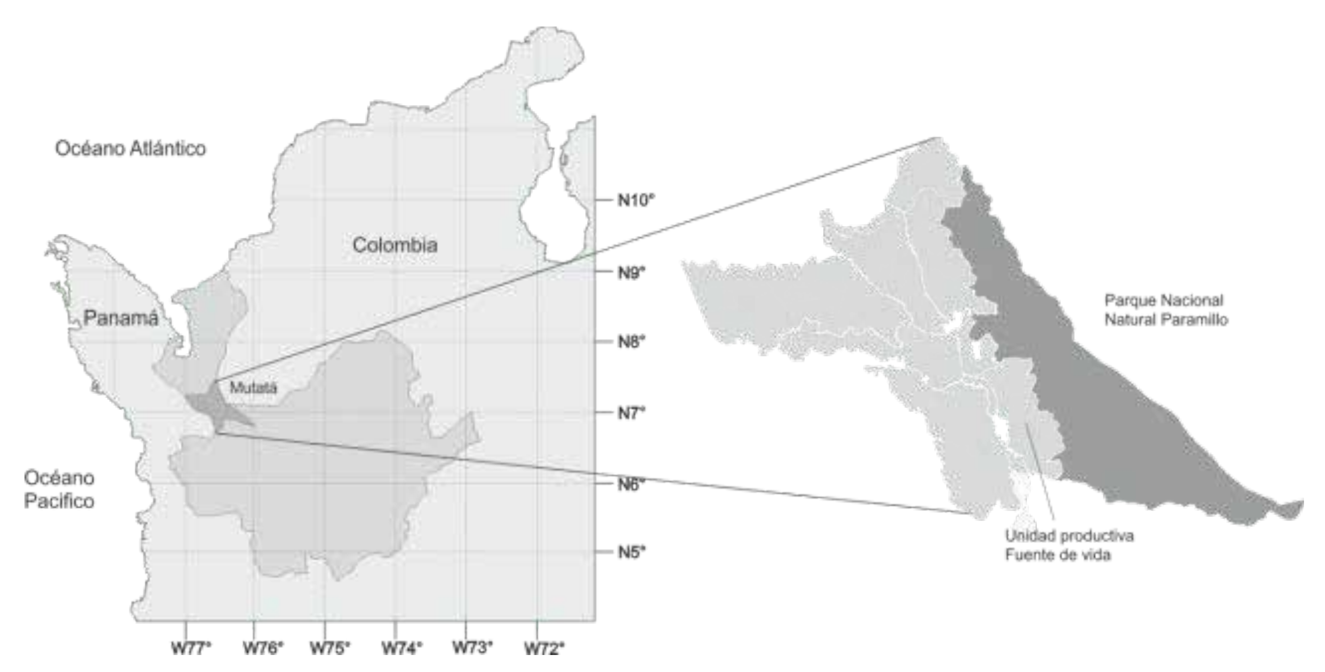


Fig.1. Departamento de Antioquia-municipio de Mutatá

Tabla 1. Combinación de especies y densidades de siembra en cultivos mixtos de *S. quitoense* en Urabá

TTO	Sp	Distancia (m)	n	Plantas m^{-2}
1	*S.quitoense*	1x2	30	0,47
2	*S.quitoense*	1x2	30	0,75
	M.cavendishii	4x4	9	
	T. cacao	4x4	9	
3	*S. quitoense*	1x2	30	0,89
	M. cavendishii	4x4	9	
	T. cacao	4x4	9	
	B. patinoi	4x4	9	
4	*S. quitoense*	1x2	30	0,75
	M. cavendishii	4x4	9	
	B. patinoi	4x4	9	

***2.3.1.* Competencia en *S. quitoense*.**
Para analizar la competencia intraespecífica de cada uno de los tratamientos, en cada periodo de medición se utilizó la relación entre la densidad y la altura de los individuos de *S. quitoense*. Estos parámetros se asocian por medio de la curva de Lorenz, la cual resume por medio del índice de Gini con rango de 0 a 1 [17]. Las dos variables relacionan de manera ascendente la frecuencia relativa acumulada de la densidad poblacional por tamaño (eje-x), con la proporción relativa acumulada de la obtención de un recurso (eje-y), en este caso representado proporcionalmente por la altura total de cada planta. Cuando la curva alcanza la línea de equidad (45°), el recurso se reparte uniformemente entre los individuos de la población y Gini tiende a cero; lo contrario cuando está lejana de esa línea, Gini tiende a uno y la obtención del recurso es aprovechado por unos pocos individuos. Este índice, se usó para inferir de manera indirecta acerca del efecto proveniente de

la competencia por radiación fotosintéticamente activa (RFA), por nutrientes, y el efecto sobre la relación densidad-altura, dependiendo del tipo de asociación y del periodo de medición, se calculó por tratamiento, para cada uno de los ocho periodos. Para efectos del cálculo se organizaron los individuos de forma ascendente con respecto a la altura del tallo en cada planta, y se evalúo la diferencia de tamaños sucesivos entre el individuo H_i, con el individuo mayor siguiente H_j, el H_j con el H_k y así sucesivamente hasta el *n-ésimo* individuo. El resultado de esta sumatoria dividido por la altura media $\overline{H}$ y la densidad poblacional n (Ecuación 1),

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \left| H_i - H_j \right|}{2\overline{H}n(n-1)} \qquad (1)$$

***2.3.2.* Producción de frutos y su relación con la variables biometricas.**

Para evaluarla producción de frutos de *S. quitoense* (f_c), se midieron variables como la altura (*h*) y contó el número de hojas y de flores, en cada una de las parcelas. La medición se tomó mensualmente en los primeros días de cada mes, durante los cuatro últimos periodos de medición. Para estudiar esta relación se utilizó un modelo lineal generalizado (MLG), donde f_c representa el vector de la densidad de frutos por árbol (variable dependiente del modelo), este fue derivado de todas las mediciones de la densidad de frutos durante los cuatro últimos meses de medición (periodo de producción de frutos). Las variables independientes del modelo fueron: periodo de medición, altura, tratamiento y número de hojas (Ecuación 2)

$$Log(f_c) = \mu + \alpha_i + \beta_j + \phi_k + Log\left(\eta_l\right) + \varepsilon \qquad (2)$$

Dónde: μ es un efecto general; α_i: es la variación debida a la *i-ésimo* tratamiento; β_j: es la variación con respecto al *j-ésimo* número de hojas de S. quitoense; Φ_k: es el efecto del *k-ésimo* periodo de medición; η_l es el efecto de la *l-ésima* altura de plantas de *S. quitoense* y ε es una variación aleatoria.

Para evaluar la partición de la variabilidad asociada con cada una de las variables, se empleo el poder discriminador del lambda de Wilks (λ_w) que toma valores entre cero y uno, de forma que cuanto más cerca de cero esté, mayor es el poder discriminante de las variables consideradas, y cuanto más cerca de uno menor es dicho poder. No obstante, la relevancia de cada variable dentro del modelo es definida por su significancia, calculada mediante una prueba de F(α<0.05). Se evaluaron los supuestos de normalidad usando la prueba de Shapiro Wilk (*Sw*) y homocedasticidad por medio de la prueba de Bartlett (*B*). La altura se normalizó por medio de la transformación del vector en función logarítmica. De otro lado, se analizó la relación entre la densidad total de frutos de *S. quitoense* y la densidad total de plantas, cantidad hojas y flores, con el coeficiente de correlación de Pearson (R^2). También se calculó la altura promedio de dominante ($\overline{h_{d5}}$) y el coeficiente de variación de alturas de dominantes ($cv_{\overline{h_{d5}}}$). Para calcular $\overline{h_{d5}}$, en el periodo cinco se seleccionó las 10 Plantas de *S.quitoense* más altas, se escogió este periodo dado que fue el más productivo. El análisis estadístico se realizó con el programa *R Development Core Team* [18] en su librería *Rcmdr* [19].

3. RESULTADOS

3.1. Competencia del *S.quitoense* en diferentes cultivos asociados

El índice de Gini en los diferentes tratamientos mostro que el nivel de obtención de recursos varió en los periodos de medición; se modificaron los niveles de competencia en *S. quitoense* (biomasa expresada en altura, Fig.2). El mono-cultivo presentó menor coeficiente de Gini, esto significa una mayor equidad en la obtención del recurso en los diferentes periodos de medición. En comparación con TT3 donde se combina el *S. quitoense* con *T. cacao*, *M. cavendishii* y *B. patinoi*, que mostro mayores niveles de competencia. Al analizar el coeficiente de Gini por periodos de medición, se encontró mayores niveles de competencia entre el tercer y séptimo mes, y menores en el primer (cada plántula se sembró con la misma talla y el mismo día) y último mes (ya habían alcanzado su talla de madurez). Lo anterior muestra el efecto que tiene la competencia interespecífica sobre la competencia intraespecífica, y como se asocia con la variabilidad del crecimiento.

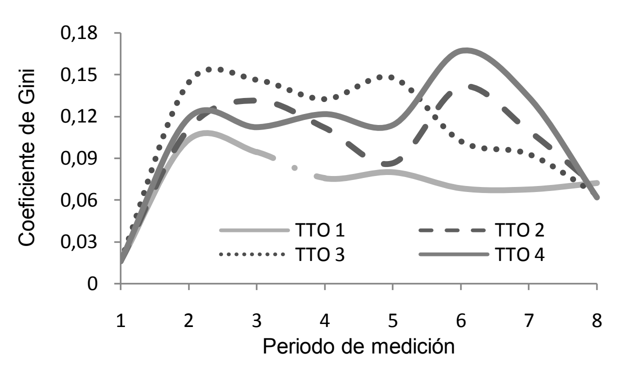


Fig.2. Cambios en el tiempo del Indice de Gini para parcelas experimentales cada uno de los tratamientos, en una region de Uraba, Colombia.

3.2. La producción de frutos y su relación con variables biométricas

De acuerdo con la prueba de Shapiro Wilk la variable dependiente f_c no sigue exactamente una distribución normal, dado que los datos aunque transformados presentaron un leve sesgo hacia la izquierda (*Sw*:0,864, P<0.05) influenciado por mayor cantidad de árboles que producían menores cantidades de frutos. Según los grados de libertad se puede suponer la normalidad asintótica (*gl*>57), distribución Gaussiana [20]. Cuando se analizaron los residuales del modelo se encontró homocedasticidad (*B:*1,023 *P*:0,0452), lo anterior apoya la validez del procedimiento paramétrico.

Se encontró una correlación directa de la densidad total de plantas con: la densidad total de hojas de *S. quitoense* (R^2:96,25; *P*:0,019; n:4), densidad total de flores (R^2:92,65; *P*: 0,025; n:4) y densidad total de frutos de *S. quitoense* (R^2:97,91; *P*:0,011; n:4). El tratamiento que más frutos totales produjo fue TT1, seguido por TT2. El tratamiento que tuvo más producción de hojas fue TT1 seguido por TT4 (Tabla 2). Según la prueba de Pearson, el número de hojas correlacionó un 58,4% (*P*:0,00) con la cantidad de flores, razón por la cual se eliminó la cantidad de flores del MLG para evitar los efectos de la multicolinealidad.

Tabla 2. Número total de hojas, flores y frutos de plantas *S. quitoense* para cada uno de los tratamientos, en una region de Urabá, Colombia.

	TTO 1	TTO 2	TTO 3	TTO 4
Hojas (n)	3175	2499	2135	2311
Flores (n)	1202	862	810	938
Frutos (n)	1046	753	504	721
$\overline{h_{d5}}$ (cm)	113, 6	100,9	100,5	91,0
$cv_{\overline{h_{d5}}}$ (%)	5,93	8,25	14,75	9,81

$\overline{h_{d5}}$: Altura promedio de dominante

$cv_{\overline{h_{d5}}}$: Coeficiente de variación de alturas de dominantes

La variabilidad de la producción de frutos (f_c) de la especie *S. quitoense*, según el MLG, tiene una relación directa con las variables número de hojas y altura (Fig. 3 c, d, Tabla 3). El TT3 presentó una diferencia significativa menor en producción de frutos con respecto a los demás tratamientos. El periodo de medición que presentó un pico de producción de frutos fue el mes 5, en los siguientes se registró una disminución en la cantidad de frutos con diferencias significativas (Tabla 3, Fig. 3 a, b). Según los valores reportados para los Lambda de Willks el mayor poder discriminante lo presento la variable número de hojas (λ_w:0,89), seguido por la transformación logarítmica de la variable altura (λ_w:0,93). En el caso de las variables tratamiento (λ_w:0,94) y periodo de medición (λ_w:0,96), cuyo valor de los λ_w fue más cercano a uno, se sugiere un menor poder discriminante aun cuando significativo (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza para el modelo lineal generalizado número de frutos *S. quitoense.*En una region de Urabá, Colombia.

Fuente	SC	GL	CM	Valor F	Valor P
Modelo	6364,7	9	707, 2	59,93	0,003
Periodo	431,4	4	107,9	9,14	0,001
Tratamiento	268,4	3	89,5	7,58	0,009
n hojas mes^{-1}	827,5	1	827,5	70,13	0,000
log(*h*-cm)	499,1	1	499,1	42,30	0,001
Residual	6926,2	587	11,8		
Total	13291,0	596			

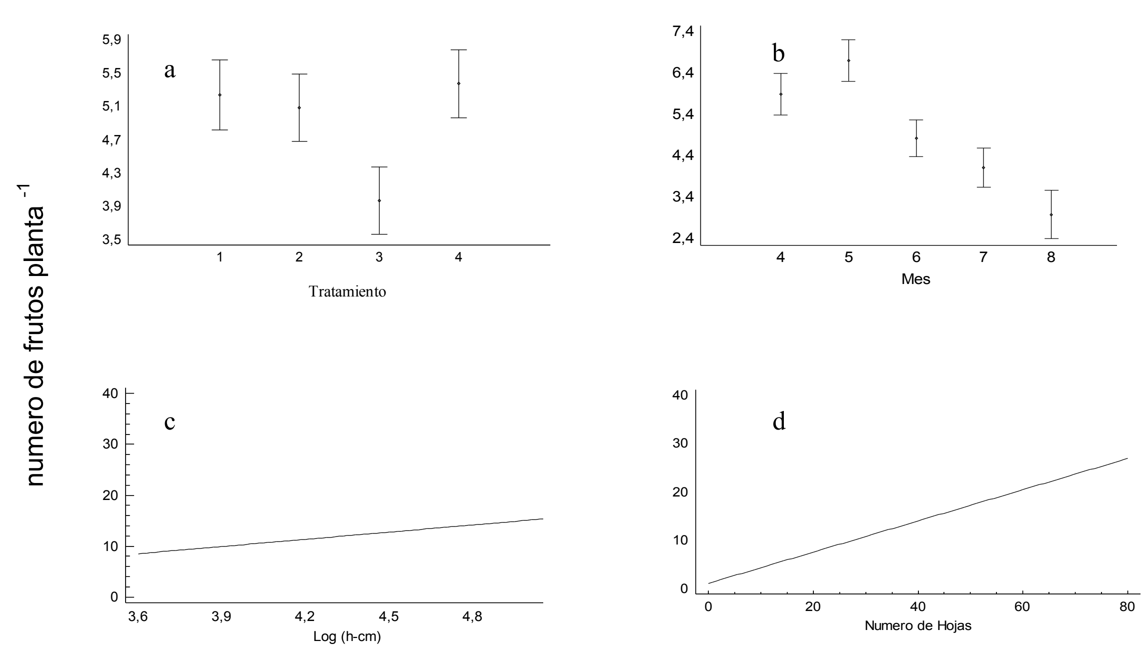


Fig. 3. Modelo lineal generalizado (MLG).Intervalos de confianza DMS (diferencia mínima significativa; α:0,05) para la producción de frutos de *S. quitoense* por planta según *(a)* tratamiento, *(b)* periodo de medición, y relación de frutos con *(c)* altura, *(d)* número de hojas. En una region de Urabá, Colombia.

4. DISCUSIÓN

4.1. Competencia de *S. quitoense*

La relación tamaño-abundancia (coeficiente de Gini) encontrada en las cuatro parcelas donde se realizó el experimento, presentó una distribución heterogénea en cuanto a su capacidad de obtención y uso de los recursos, lo que permite concluir niveles variables y medios de competencia [21]. El cultivo que tenía competencia interespecifica cero, como era de esperar tuvo el menor nivel de competencia intraespecífica, posiblemente por tener la menor densidad de las cuatro parcelas [13, 22]. El tratamiento que presento mayores niveles de competencia fue TT3 que tenía más densidad seguida por TT2y TT4, mostrando una relación directa entre la competencia y la ocupación. La obtención del recurso, biomasa expresada en altura, se concentró principalmente en las categorías de mayor tamaño, debido, a su mayor posibilidad de captar la luz [23]. Por lo anterior, y tal como se corroborará, se acepta la primera hipótesis de investigación donde se planteó que el cultivo con menor densidad tendría menor competencia.

En cuanto a las divisiones en el tiempo, encontramos un aumento significativo en la competencia del mes dos al siete, en ese periodo las plantas de *S. quitoense* se concentran en crecer para dominar el dosel del cultivo. Al llegar al mes ocho las plantas llegan a su asíntota de crecimiento que les generó una equidad en tallas (niveles similares de competencia). Los anteriores resultados muestran una activación de la dominancia (ocupación) y un aumento variable en la altura promedio de los individuos, como evidencia de la competencia asimétrica por luz [24]. Lo anterior nos permite deducir que la competencia por ocupación se estabiliza cuando el cultivo llega a su talla más alta,llevándolo al punto de equilibrio, lo que disminuye la probabilidad de ser desplazados por las otras especies presentes en los cultivos mixtos.

4.2. La producción de frutos y su relación con variables biométricas

La cantidad total de frutos, hojas y flores de *S. quitoense* se relacionaron de manera directa con la densidad de plantas en cada bloque (número de plantas de S. quitoense, *M. Cavendishii*, *T. cacao* y *B. patinoi*), esto muestra la relación de estas variables con la competencia tanto a nivel

interespecífica como intraespecífica. Los cultivos mixtos de *S. quitoense*, *M. cavendishii* y *T. cacao*; *S. quitoense*, *M. cavendishii* y *B. patinoi*, y el monocultivo de *S. quitoense*, no presentaron diferencias significativas en la producción de frutos de *S. quitoense* por planta. Lo anterior se puede explicar desde la competencia, que fue menor para estos tres bloques. Lo anterior se corroboró por medio del coeficiente de variación que muestra menor variabilidad en alturas de las plantas dominantes en el periodo cinco. Estos resultados van en la misma vía de investigaciones anteriores, que encontraron que el *S. quitoense* al crecer a plena exposición solar presenta gran floración y producción de frutos [15, 22, 25]; resultados similares se encontraron en el departamento de Boyacá en cultivos de *S. quitoense* asociado con *Pinus patula* y *Eucaliptus* sp [26]. Lo anterior contrasta con la parcela tres, que tuvo menor nivel de producción de frutos y mayor nivel de competencia intraespecífica (modificada por la competencia interespecífica), reflejando una mayor variabilidad en alturas de plantas dominantes de *S. quitoense* en el periodo cinco. Estos resultados validan los encontrados para los cultivos de *S. quitoense* bajo dosel, que producen pocos frutos en forma continua [22, 25]. Estos resultados pueden sugerir al cultivo de lulo como alternativo para sistemas productivos que necesiten sombrío en las primeras etapas de vida.

El logaritmo de la altura y la cantidad de hojas por planta se relacionó de manera directa con la productividad de frutos, es decir, las plantas que llegaron al dosel del cultivo (altura desde la cual tienen libre exposición) tuvieron mayor producción de frutos que las que crecieron bajo del dosel (suprimidas dentro del modelo que compiten por luz). Lo anterior ocurre posiblemente debido a que las plantas suprimidas invierten su energía en llegar al dosel, en contraste con las plantas de dosel que utilizan la energía en producir frutos. Se debe tener encuenta que esta planta se ha ido acondicionando a mayor intensidad lumínica [13]. En este sentido, se acepta la segunda hipótesis de investigación, que plantea la relación inversa entre la producción de frutos y los niveles de competencia.

4.3. Implementación de los resultados en unidades productivas campesinas.

El presente estudio aporta elementos para la implementación de cultivos mixtos en unidades productivas familiares, y para el manejo y aprovechamiento sostenible de recursos naturales por medio de la disminución de la presión sobre los bosques y los suelos. Las familias campesinas se caracterizan por las bajas tasas de ingreso per cápita, que se asocian con los altos niveles de pobreza y una carencia alta de servicios técnicos y asistencia estatal. En esta medida, aportar a la comprensión de los cultivos mixtos, nos permite dar posibilidad de generar diversas entradas económicas y alimentarias a los pequeños productores [27]. Si asumimos la igualdad en producción de frutos de *S.quitoense* en tres de las cuatro unidades experimentales (incluido el monocultivo), podemos sugerir la implementación de los cultivos mixtos de *S.quitoense* en combinacion con *M. cavendishii* y *T. cacao*, y *S. quitoense* con *M. cavendishii* y *B. patinoi* [28]. Aunque las conclusiones son valiosas para ser alternativas a unidades productivas campesinas, se requiere todavía realizar más investigaciones en relación a asociaciones con otras especies y en relación a otras variables.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Ríos G., Morales J., Pérez J., Romero A., Botero M. y Echevery D.,*El Lulo: Alternativa agroforestal frente a la crisis cafetera Corpoica* Revista de innovación y cambio tecnológico, 2(3). 2002.

[2] Tobón, J., *Cultivos asociados con fríjol en Colombia*. FENALCE-SENA-SAC,Bogotá DC.1997.

[3] Smith, T. y R. Smith, *Ecología*. 6 ed. Pearson Educación, S.A, ed. Madrid. 2007.

[4] Hogan, K. y J. Machado, *La luz solar consecuencias biológicas y medición*. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*, M. Guariguata y G. Kattan, Editors. Cartago, Costa Rica. 119-143.2002.

[5] Taiz L. y E. Zieiger, *Plant physiology*. Third ed. The BenjaminCummings Company. Redwood City, California. 2002.

[6] Lüttge, U., *Ecophysiology of crassulacean acid metabolism (CAM).*Annals of Botany. 93:629-652.2004.

[7] Lobo A, Medina C, Delgado P y Bermeo G.*Variabilidad morfológica de la colección colombiana de Lulo (Solanum quitoense Lam.) y especies relacionadas de la sección Lasiocarpa.* Fac.Nal.Agr.Medellín, 60(2):3939-3964. 2007.

[8] Aguirre, J. y S. Jaramillo, *Incidencia de la radiación lumínica en el desarrollo vegetativo y reproductivo del Lulo (Solanum quitoense Lam.)*.

Trabajo de grado Ingeniero agronómico, Universidad Nacional de Colombia. Medellin. 2006.

[9] Medina C, Sánchez D, Camayo G, Lobo M y Martínez E.*Anatomía Foliar Comparativa De Materiales De Lulo (Solanum Quitoense Lam.) Con Y Sin Espinas.* Corpoica Ciencia Y Tecnología Agropecuaria. 9(1). 2008.

[10] Montenegro, L. *Los dorados frutos de la naranjilla.* El agro (ecuador), 1(4):13-16. 1954.

[11] Medina, C., *Estudio de algunos aspectos fisiológicos del Lulo (Solanum quitoense Lam.) en el bosque húmedo montano bajo del oriente antioqueño.* Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias Medellin, Maestría en Ciencias Agrarias, 2003.

[12] Sánchez, G., *Las plagas del Lulo y su control.* ICA. Programa Nacional de Entomología. Boletín Técnico. 25: 26. 1973.

[13] Medina C, Martínez E, Lobo M, López J y Riaño N.*Comportamiento bioquímico y del intercambio gaseoso del Lulo (Solanum quitoense Lam) a plena exposición solar en el bosque húmedo montano bajo del Oriente Antioqueño colombiano.* Fac. Nal. Agro. Medellín. 59(1): 3123-3146. 2006.

[14] Pérez, E. y M. Pérez, *El sector rural en Colombia y su crisis actual.* Cuadernos de desarrollo rural. Pontificia Universidad Javeriana. 48:35-58. 2002.

[15] Lobo, M., *Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva.* Memorias 3er Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales, Manizales. 27-36. 2000.

[16] Holdridge, L., *Ecología basada en zonas de vida.* ed. IICA. San José de Costa Rica. 1979.

[17] Vandermeer, J. y D. Goldberg, *Population Ecology: First Principles*. University Princeton, 2003.

[18] R Development Core Team, *R: A language and environment for statistical computing*, R.F.f.S. Computing, Editor.Vienna, Austria. 2008.

[19] Rcmdr, *R Commander*, D. Putler, Editor. 2009.

[20] Silverman B, *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*, ed. C. Hall. London, United Kingdom. 1986.

[21] Chu C, Weiner J, Maestre F, Xiao S, Wang Y, Li Q, Yuan J, Zhao L, Ren Z y Wang G.*Positive interactions can increase size inequality in plant populations.*Journal of Ecology, 97(6):1401-1407. 2009.

[22] Medina C, Martínez E, Lobo M y Vargas M. *Distribución de la materia seca durante la ontogenia del lulo (Solanum quitoense Lam.) a plena exposición solar en el bosque húmedo montano bajo del oriente antioqueño, Colombia.*Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín, 61(1).2008.

[23] Kohyama T., *Size-Structured Tree Populations in Gap-Dynamic Forest--The Forest Architecture Hypothesis for the Stable Coexistence of Species.* Journal of Ecology. 81(1):131-143. 1993.

[24] Stoll P, Weiner J, Muller H y Hara T.*Size symmetry of competition alters biomass-density relationship.*Proc. R. Soc. Lond. Ser. B. 269:2191. 2002.

[25] Lobo, M., *Perspectivas de siembra del lulo o naranjilla (Solanum quitoense Lam).* Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias Palmira. Boletín Técnico. 2(2):125-130. 1991.

[26] Velázquez J., y Robles M, *Modelo de sistema agroforestal de lulo Solanum quitoense asociado con Pinus patula, Eucalyptus globulus y bajo malla polisombra.*Trabajo de grado Ingeniero Forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 1991.

[27] Franco G, Bernal J, Giraldo P, Tamayo O, Castaño A, Tamayo J, Gallego M, Botero J, Rodriguez N, Guevara J, Morales M, Londoño G, Ríos J, Rodríguez J, Cardona J, Zuleta J, Castaño M y Ramírez C *El cultivo del lulo. Manual técnico*. Manizales: CORPOICA, Regionales cuatro y nueve - Fondo Nacional Hortifrutícola - Asohofrucol. 2002.

[28] Ríos M, Romero M, Botero M, Franco G, Pérez J, Morales J, Gallego J y Echeverry D. *Zonificación, caracterización y tipificación de los sistemas de producción de lulo (Solanum quitoense Lam) en el Eje Cafetero.* Revista Corpoica, 5(1). 2004.